

テーパー付き柱基部を有する片持ち柱の弾塑性性状に関する数値解析

大同工業大学工学部 学生会員 ○ 岩村俊幸
// 学生会員 川田真也
// 正 会 員 酒造敏廣

1. まえがき

強震時に繰り返し力を受けて非弾性応答を呈する鋼変断面橋脚柱では、柱基部、断面変化位置あるいは隅角部近傍に限られた範囲内で塑性変形が発生する。そして、塑性変形の累積が著しくなると局部座屈が発生して大きな損傷を引き起こすというのが代表的な損傷パターンである。筆者らは、このような損傷集中を避けることを目的として、テーパー部材を用いて塑性変形分散による損傷軽減の可能性を模索してきた¹⁾。

本研究は、有限要素解析コード MARC を用いて、テーパー付き柱基部を有する片持ち柱の弾塑性性状を行ったものである。柱基部の上・下部および全体で塑性変形が現れる3つの崩壊パターンを再現して、テーパー付き柱基部を用いるときに、どのような条件で損傷を軽減できるかについて考察する。

2. 解析モデルと解析方法

(1) テーパー付き柱のモデル化

Fig.1 に示すように、柱頭部に定鉛直荷重 P と繰り返し水平荷重 H を受ける変断面片持ち柱を解析対象とした。テーパーを付けた柱基部 Sec.1 部分と上部断面 Sec.2 の一部を4節点厚肉シェル要素(Element type 72)でモデル化し、残りの Sec.2 部分を薄肉閉断面はり要素(Element type 14)で近似した。はり要素と板要素の結合部には剛なダイヤフラムを仮定した。また、Sec.1 の長さの3分割点にもダイヤフラムを取り付けた。解析に際しては、断面の対称性を利用して箱形断面の1/2の部分を取り出してモデル化した。鋼材の応力 σ -ひずみ ϵ 関係は弾性域・非弾性域の勾配を $E(=2.05 \times 10^5 \text{MPa})$ および $E/100$ とした Bi-Linear 型を用いた。

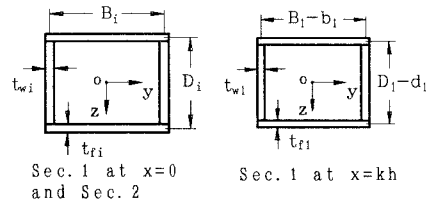
(2) 柱基部の無次元テーパー率 ξ_{cp}

まず、柱基部 Sec.1 の上端および下端断面の軸力を考慮した全塑性曲げモーメント M_{plUn} と M_{plLn} を用いて、柱基部の無次元テーパー率 ξ_{cp} を次式で定義した。

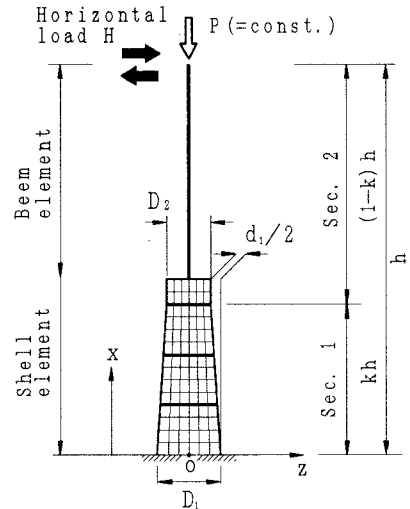
$$\xi_{cp} = \frac{1}{k} \left(1 - \frac{M_{plUn}}{M_{plLn}} \right) \quad (1)$$

ここに、 k は断面変化位置を表すパラメーター。

解析モデルの寸法諸元と降伏点を Table 1 に示す。これらは、別途実施した実験²⁾をもとに設定した。ちなみに、フランジおよび腹板の幅厚比は 20~25 である。



(a) Cross-section of Sec. i



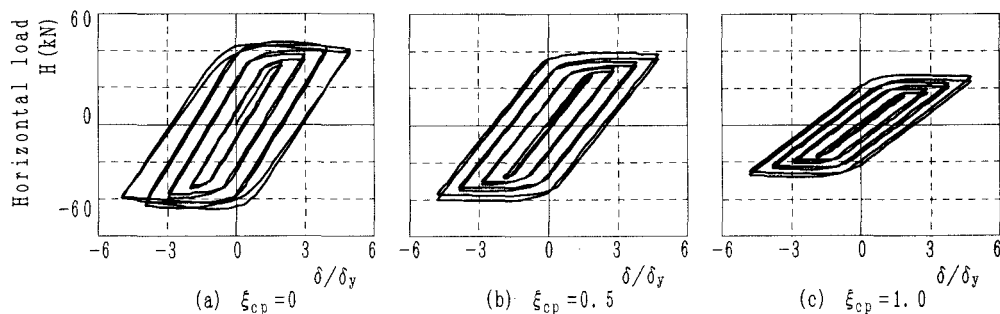
(b) Numerical model

Fig. 1 Column subjected to repeated load

Table 1 Dimension and yield point of columns

Item		$B_1=D_1$ (mm)	$B_2=D_2$ (mm)	$b_1=d_1$ (mm)
Case				
1	$\xi_{cp}=0$	180	180	0
2	$\xi_{cp}=0.5$	180	162.7	17.3
3	$\xi_{cp}=1.0$	180	143.3	36.7

Notes ; $h=150\text{cm}$, $t_f=t_{w1}=0.72\text{cm}$, $k=0.366$, $P=0.1N_{yLL}$, $\sigma_{y1}=275\text{MPa}$, $\sigma_{y2}=480\text{MPa}$, N_{yLL} : Squash force of bottom of Sec.1.

Fig. 2 Horizontal load H - sway displacement δ curves

3. 数値計算結果と考察

本文では、 $\xi_{cp}=0, 0.5$, および、 1.0 の3つの場合について解析を行った。解析では、定鉛直荷重として柱基部の最下部断面の圧壊荷重 N_{yL} の 0.1 倍を作用させた後に、初期降伏の水平変位 δ_y を増分値として、水平変位を $2\delta_y$ から 2 サイクルずつ $5\delta_y$ まで与えた。

(1) 柱の水平荷重 H - 変位 δ 曲線

供試体の水平荷重 H - 変位 δ 曲線を Fig. 2 に示す。まず、同図(a)から、Case 1 の柱 ($\xi_{cp}=0$, 等断面) の曲線では、 $\delta=5\delta_y$ の段階で最大耐力点～変位反転点の曲線が負勾配になり局部座屈が生じていることが推測できる。これに対して、 $\xi_{cp}>0$ の Case 2 と 3 の場合は、安定した履歴ループを呈している。

(2) 柱基部内の軸ひずみと曲率分布

柱基部内の損傷を調べるため、箱形断面 4 隅の軸方向節点変位から、軸ひずみ ϵ_x/ϵ_y と曲率 ϕ/ϕ_y の軸方向分布を求めた。その結果を Fig. 3 と Fig. 4 に示す。

まず、Fig. 3 から、等断面の柱基部($\xi_{cp}=0$)では、柱下部で曲率が著しく大きくなり、局部座屈が生じていることがわかる。一方、テーパ付き柱基部では、 $\xi_{cp}=0.5, 1$ の両方の場合ともに曲率分布はほぼ一様になっている。

Fig. 4 から、 $\xi_{cp}=0$ と 0.5 の場合を比較すると同様なことが言える。ただし、 $\xi_{cp}=1$ のときは、柱基部上端の付近で軸ひずみが累積して損傷が大きくなる傾向にあることがわかる。

4. まとめ

柱基部最下端の断面を基準にして、柱基部にテーパを付けた片持柱の弾塑性解析を行った。テーパを付けるとひずみの累積が柱基部内に分散されることを確かめた。今後、もう少し幅厚比の大きな板要素を用いて、かつ、変厚板を組み合わせた場合について検討したい。

参考文献 1) 酒造敏廣：テーパ付き柱基部を有する鋼変断面柱の非弾性地震応答性状に関する研究，第 24 回地震工学研究発表会講演論文集，D8-3，pp.1041-1045，1997 年 7 月。 2) 酒造敏廣，川瀬研一，小瀬木順彦，見並宏章：テーパ付き柱基部を有する柱の弾塑性性状に関する実験的研究，平成 9 年度土木学会中部支部研究発表会，1998 年 3 月（発表予定）。

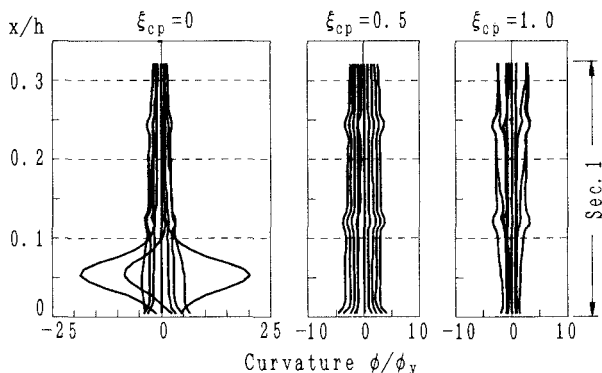


Fig. 3 Distribution of curvature in Sec. 1

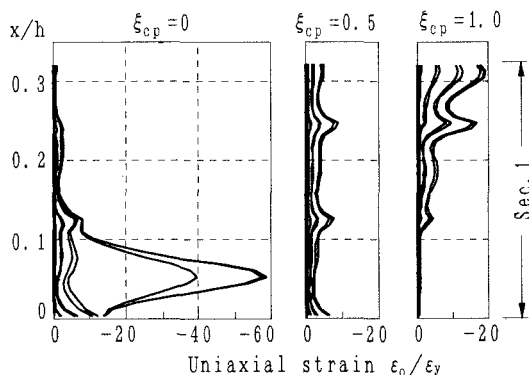


Fig. 4 Distribution of uniaxial strain in Sec. 1